

O arktycznej granicy lasu w Laponii Petsamo (Finlandja).

Über arktische Waldgrenze in Lapponia Petsamoensis (Suomi).

Rzuciwszy okiem na mapę ilustrującą przebieg arktycznej granicy lasu, spostrzeżemy, że granica ta nie jest związana z pewną określoną szerokością północną. Od punktu najbardziej wysuniętego na południe na Labradorze ($51^{\circ} 53'$) kieruje się ona ku północy, przechodząc przez północny skrawek Szkocji (około 59°). Na półwyspie Skandynawskim, na brzegach Norwegii las dochodzi do 70° szerokości północnej, przy czem leżące u wybrzeży wyspy są pozbawione lasu już począwszy od 68° . Osiągnąwszy w głębi półwyspu swój punkt północny, granica lasu wzdłuż wybrzeża murmańskiego kieruje się ku południu, aby z kolei, na północnym Uralu odchylić się ponownie ku północy a nad dolnym biegiem rzeki Chatanga, na półwyspie Tajmyr, osiągnąć swą maksymalną na kuli ziemskiej szerokość północną $72^{\circ} 40'$. Istnieje na kuli ziemskiej jeszcze trzecie podobne maximum zasiągu lasu — w Alasce.

Fennoskandja w porównaniu z innymi terenami jest więc pewnego rodzaju fenomenem. Gdy n. p. cała Grenlandja (już od 60° szer. półn.) jest pozbawiona lasu i wogóle roślinności drzewiastej, gdy nie posiadają tejsze tereny leżące w sąsiedztwie zatoki Hudsona, już począwszy od 52° , las w głębi półwyspu Skandynawskiego, osiąga, jak już wspomniałem 70° szer. półn.

Finlandja, pozyskawszy na podstawie traktatu pokoju w Dorpacie w r. 1920 t. zw. „terytorjum Petsamo“ stanowiące korytarz do Oceanu Lodowatego, pozyskała w tym korytarzu, niewielki wprawdzie, skrawek typowej arktycznej granicy lasu. Pomijając część wschodnią, leżącą w granicach ZSRR, finlandzka granica arktyczna lasu jest najtypowszą bodaj w Europie. Z powodu bowiem znacznego wyniesienia nad poziom morza terytorjum północnej Norwegii i północno-zachodniej Finlandji, przebieg tych odcinków arktycznej granicy lasu jest niezwykle powikłany i w wielu wypadkach trudno jest orzec, gdzie mamy do czynienia z arktyczną a gdzie z górską granicą lasu. Na terytorjum kory-

tarza Petsamo te dwie granice są dość wyraźnie oddzielone i identyfikacja ich zawsze jest możliwa. Zawdzięczamy to płaskiemu stosunkowo terenowi północnej części tego korytarza.

Stosunki geologiczne.

Pod względem geologicznym korytarz Petsamo nie jest jednostajny. Ma to swój wyraz również w różnorodności jego krajobrazu. Najdalej ku północy wysunięty, półwysep Rybacki (Kalastajansaarento) zbudowany jest ze skał osadowych paleozoicznych i stanowi kontrast z całą Fennoskandją zbudowaną ze skał ogniowych. Warstwy te są ułożone prawie poziomo i to decyduje o płytowym charakterze półwyspu Rybackiego. Reszta korytarza zbudowana jest z granitów, występujących w części północnej, brzegowej, oraz południowej korytarza a oddzielonych od siebie pasem diabazów i perydotytów. Krajobrazowo trzy te strefy różnią się znacznie pomiędzy sobą. Strefa brzegowa przy niewielkim tylko wzniesieniu ponad poziom morza posiada konfigurację powierzchni dosyć urozmaiconą. Strefa diabazów jest strefą pasm górskich, z których najwyższe, Petsamon Tunturit sięga do 500 m n. p. m. Dalej na południe rozpościera się strefa granitów przykrytych moreną, o krajobrazie płaskim i monotonnym, urozmaiconym jedynie znaczną ilością jezior. Jest to strefa rozległych bagnisk i lasów.

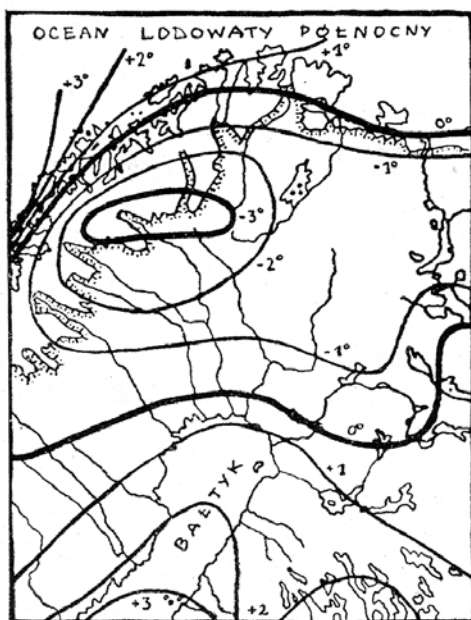
Klimat.

W klimacie terytorjum Petsamo dwie cechy uderzają najbardziej przybysza: insolacja i rozmieszczenie temperatury. W leżącej na północnym krańcu półwyspu Rybackiego miejscowości Vaitolahti słońce nie zachodzi w lecie przez dni 73, w południowym krańcu korytarza dzień letni jest o dni 10 krótszy. W zimie zaś noc wynosi odpowiednio na dwu krańcach terytorjum Petsamo 51 i 38 dni. Jeśli zaś chodzi o temperatury, a specjalnie o temperaturę średnią roku i średnią najzimniejszego miesiąca (tu lutego), to są one rozmieszczone na północnym skrawku Fennoskandji w sposób paradoksalny (ryc. 1 i 2). Posuwając się od centrum Laponji ku północy przez korytarz mamy kolejno następujące średnie roczne: w okolicy Ivalo nad jeziorem Inari -2° , na południowym końcu fjordu Petsamo $-0,7^{\circ}$ a w Vaitolahti $+0,7^{\circ}$. Podobnie zachowuje się średnia najzimniejszego miesiąca. Osiągając swe minimum Skandynawskie w Enontekiö (-15°), w Ivalo równa się -14° , na płd. końcu fjordu Petsamo -11° a w Vaitolahti -6° . Widzimy zatem, że w sposób osobliwy temperatura zwiększa się proporcjonalnie do szerokości północnej. Wy tłumaczyć to można wpływem łagodzącym, jaki wywiera na klimat wybrzeża Ocean Lodowaty oraz płynący w niedalekim stosunkowo sąsiedztwie Golf.

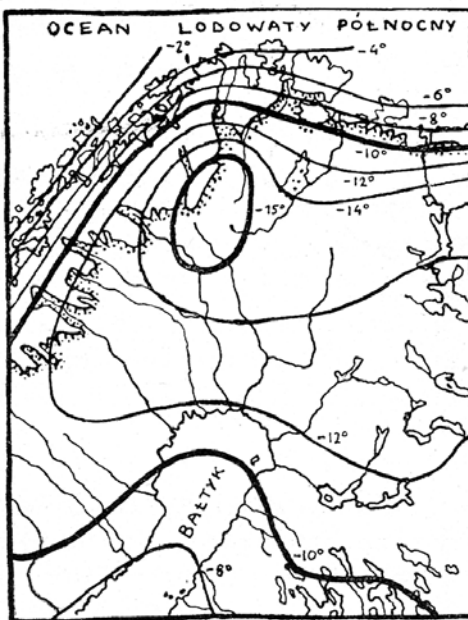
W związku z rozmieszczeniem temperatur pozostaje czas trwania pokrywy śnieżnej. Wynosi on w korytarzu około 210 dni, przy grubości szaty śnieżnej wahającej się pomiędzy 70 a 90 cm. Odwilż w Petsamo przychodzi wcześniej niż w głębi kraju o cały prawie tydzień; pomimoto ma jednak miejsce dopiero dn. 28 kwietnia.

Wiatry w Petsamo wieją przeważnie z północy (w lecie) i z południowego zachodu oraz południa w zimie.

Opady wynoszą w korytarzu niewielką sumę 400 mm rocznie. Wydaje się ona niewiarogodną w zestawieniu z ilością dni pochmur-



Ryc. — Fig. 1. Rozmieszczenie średnich rocznych temperatur i granicy lasu w północnej Fennoskandji (schematyzowane). — *Jährliche durchschnittliche Jahresisothermen und die Waldgrenze im nördlichen Fennoskandien.*



Ryc. — Fig. 2. Rozmieszczenie średnich temperatur najzimniejszego miesiąca (lutego) i granicy lasu w północnej Fennoskandji (schematyzowane). *Durchschnittliche Februarisothermen und die Waldgrenze im nördlichen Fennoskandien.*

Obie mapy wg. Atlas de Finlande III wyd. — *Beide Karten aus dem Atlas de Finlande III Aufl.*

nych (250 do 300 w roku) oraz z ilością dni z opadem przewyższającym 1.0 mm (90 dni). Deszcz wszakże pada tu przeważnie w postaci t. zw. Nebelregen. Wilgotność powietrza jest w tym terenie stała i znaczna. Mgły są bardzo częste i nierzadko długotrwałym zjawiskiem.

Śnieg spada w środku października (około 10/X) i topnieje całkowicie w końcu maja — do początku czerwca (lód na jeziorze Inari to-

pnieję zwykle dopiero 16 czerwca). Nieco wyżej, na fjeldach, płaty śniegu leżą nierzadko po parę lat z rzędu. V. Kujala nie przypuszcza, aby w tym terenie istniały większe ilości wiecznych śniegów. Sam jednak miałem możność obserwowania w końcu sierpnia kilkunastu poletek śniegowych na półwyspie Rybackim na północnych stokach Hamina-tunturi i Kiviaidanpahta. Ponieważ w parę dni po mej tam bytności spadły na fjeldach już śniegi nowe, wątpię, aby obserwowane przezemnie na Półwyspie poletka o średnicy przekraczającej w każdym razie 5—10 metrów stopniały w roku 1929. Może stan ten zawdzięczał swe istnienie specjalnym, panującym w tym roku niepomysłnym warunkom termicznym — lecz wg. Tanner'a lato roku 1926, w którym brzeg stałego lodu polarnego zbliżył się do Petsamo na 480 km było także wyjątkowo niepomysłnem.

Streszczając cechy klimatu można go nazwać: 1° ubogim w światło (najwyższy stan słońca 23/VI nie przekracza 44° nad horyzontem) 2° zimnym, 3° wietrznym i 4° wilgotnym, przy niewielkich stosunkowo opadach.

Pomimo to, warunki klimatyczne nie są tu bynajmniej zbyt nieprzychylne dla vegetacji roślinnej. Procesy życiowe w czasie krótkiego lata odbywają się bez przerwy w dzień i w nocy, przebiegają z niezwykłą szybkością i vegetacja, nawet w pobliżu poletek śniegowych, nawet na wyleżyskach i kamieniskach zdumiewa swą bujnością.

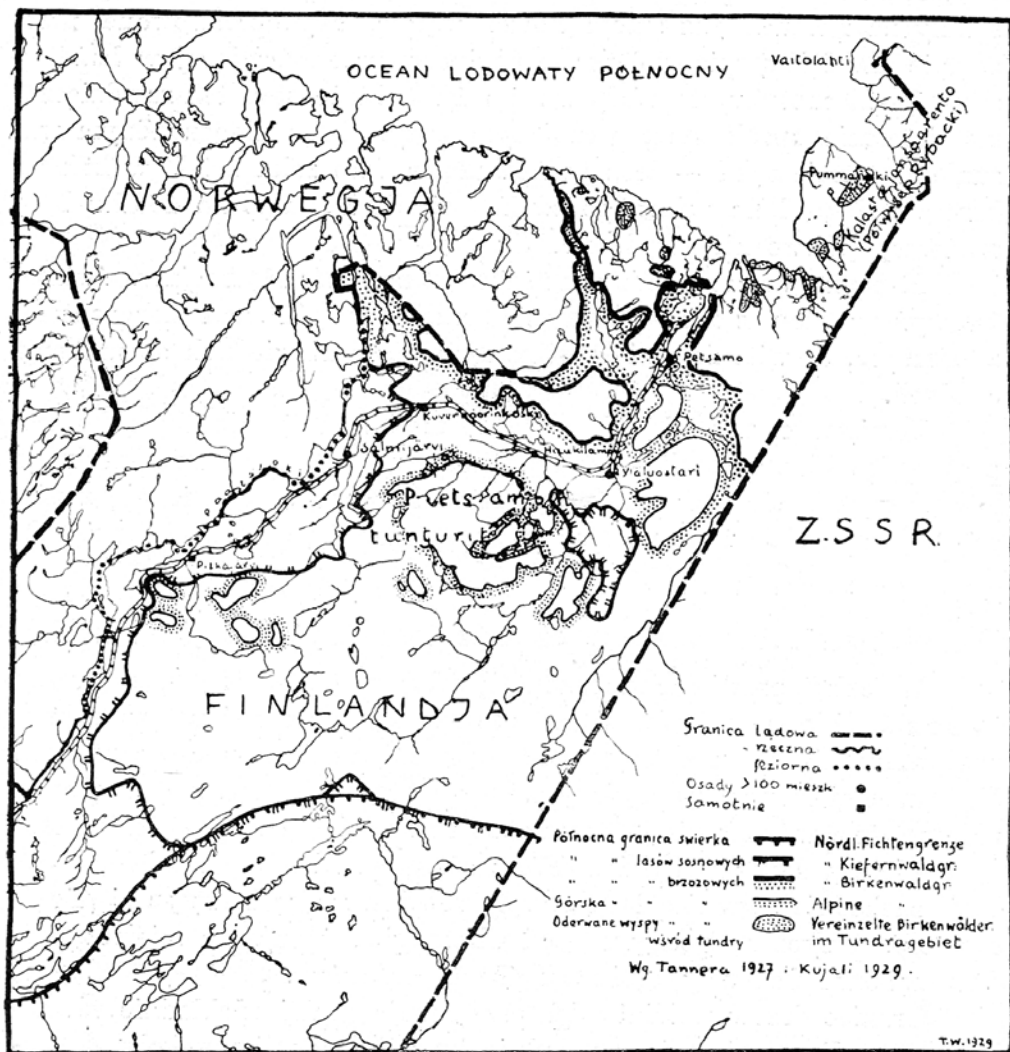
Rozmieszczenie drzew, krzewów oraz lasu w półn. części Finlandji.

W całej prawie Fennoskandji arktyczną granicę lasu tworzy brzoza. Z kolei najdalej sięga sosna, świerk zaś ustępuje przy posuwaniu się ku północy przed wymienionemi dwoma gatunkami. W północnej Rosji europejskiej panują stosunki identyczne, z tą tylko różnicą, że świerk nie jest tam naszym świerkiem (*Picea excelsa*) lecz świerkiem syberyjskim (*Picea obovata*). Dalej na wschód, w Syberji zachodniej, granicę lasu tworzy modrzew syberyjski (*Larix sibirica*), przyczem począwszy od Chatangi ustępuje on miejsca modrzewiowi da huryjskiemu (*Larix dahurica*).

Granice drzew w Finlandji przebiegają prawie dokładnie równoleżnikowo. Posuwając się z południa ku północy mijamy kolejno granice zasięgu następujących drzew: przed 61° szer. półn. dębu (*Quercus pedunculata*), i jesionu (*Fraxinus excelsior*), między 61° a 62° wiązu (*Ulmus*) i klonu (*Acer platanoides*), około 63° lipy (*Tilia ulmifolia*) i wreszcie między 64° a 65° pozostawiamy za sobą ostatnie olchy (*Alnus glutinosa*). Dalej ku północy zostajemy z trzema tylko zasadniczymi gatunkami leśnymi: świerkiem, sosną i brzozą (ryc. 3). Pozatem, towarzyszą nam jeszcze (aż do granicy lasu prawie) dwa ga-

tunki a mianowicie osika (*Populus tremula*) i olcha (*Alnus incana*), nie odgrywające większej roli w zbiorowiskach roślinnych. O zasięgu tych ostatnich mówić zatem nie będę.

Jak już wspomniałem, pierwszy z tej trójki ustępuje świerk. Dochodzi on w korytarzu Petsamo do 69° szer. półn. i dochodząc do

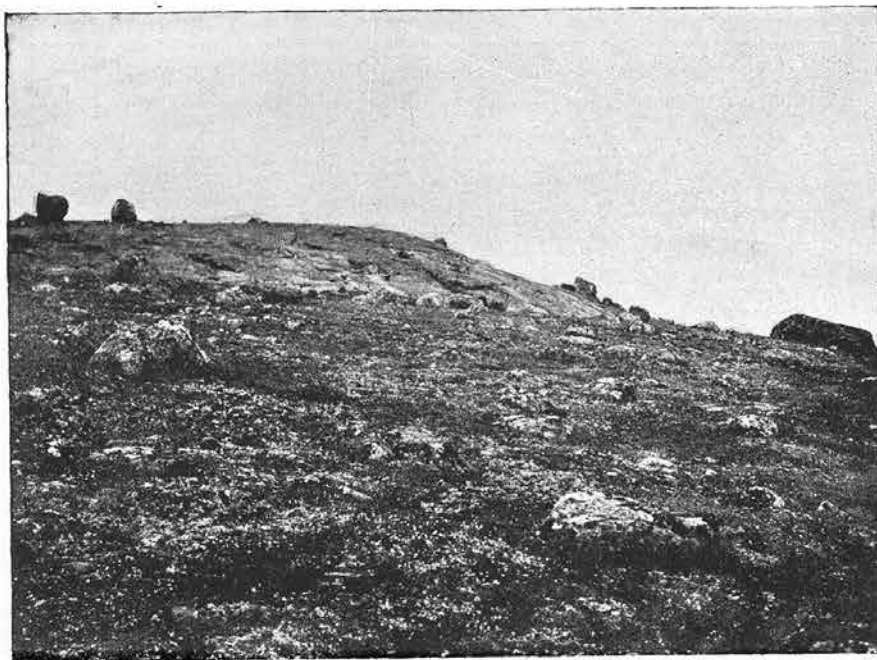


Ryc. — Fig. 3. Granice zasięgu drzew i lasu w terytorjum Petsamo (Finlandja).
Baum- und Waldgrenze im Gebiete von Petsamo (Finnland).

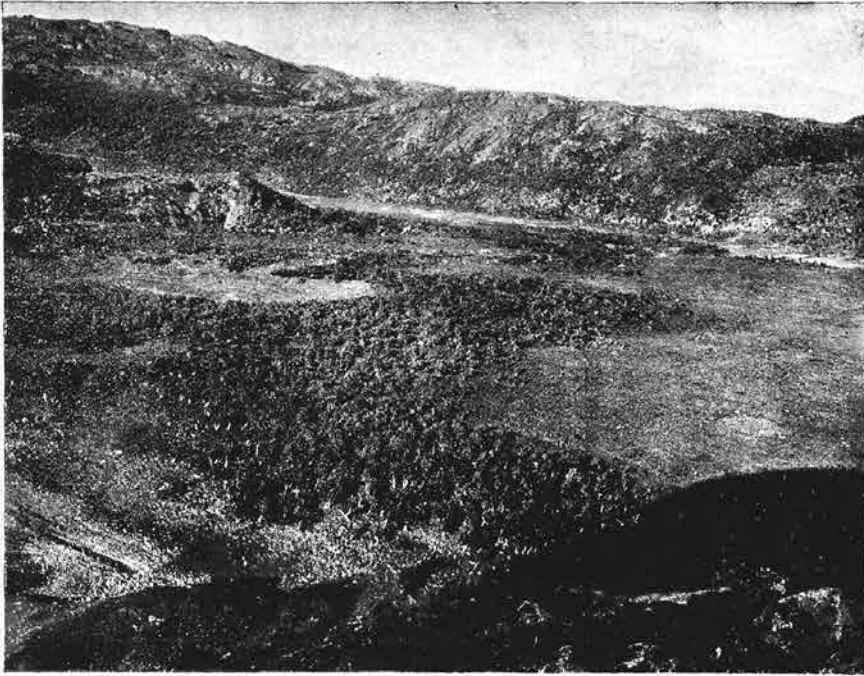
tego punktu zwartą masą niknie raptownie. O ile sosna na północ od granicy swego zwartego zasięgu posiada cały szereg większych i mniejszych wysp i wysepek oraz ogromne ilości poszczególnych oso-



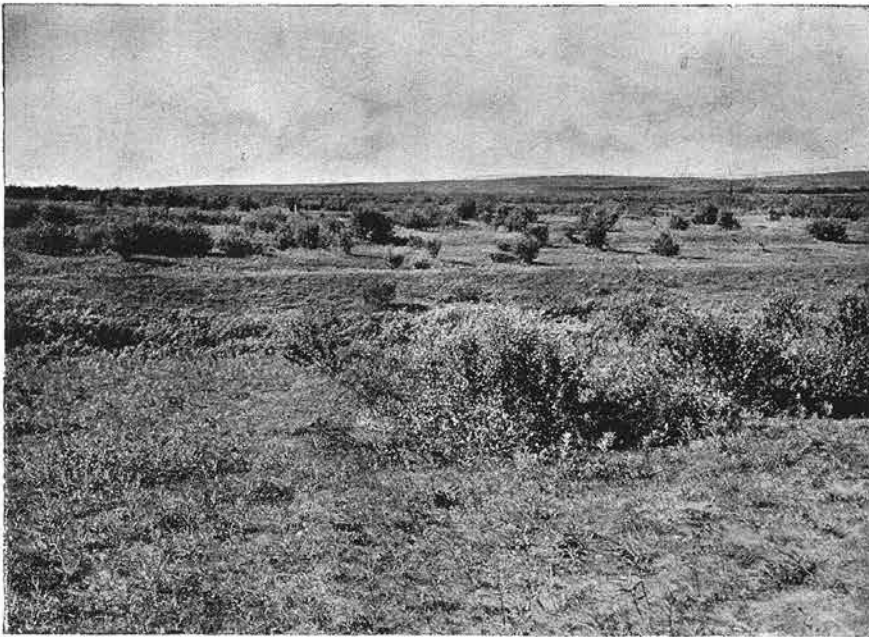
Fot. 1. Tundra z *Dryas octopetala* na terasach Półwyspu Rybackiego nad Oceanem Lodowatym. — *Dryas octopetala* Tundra auf änen Terrassen der Fischerhalbmisel am nördlichen Eismeer. Fot. Tad. Wiśniewski.



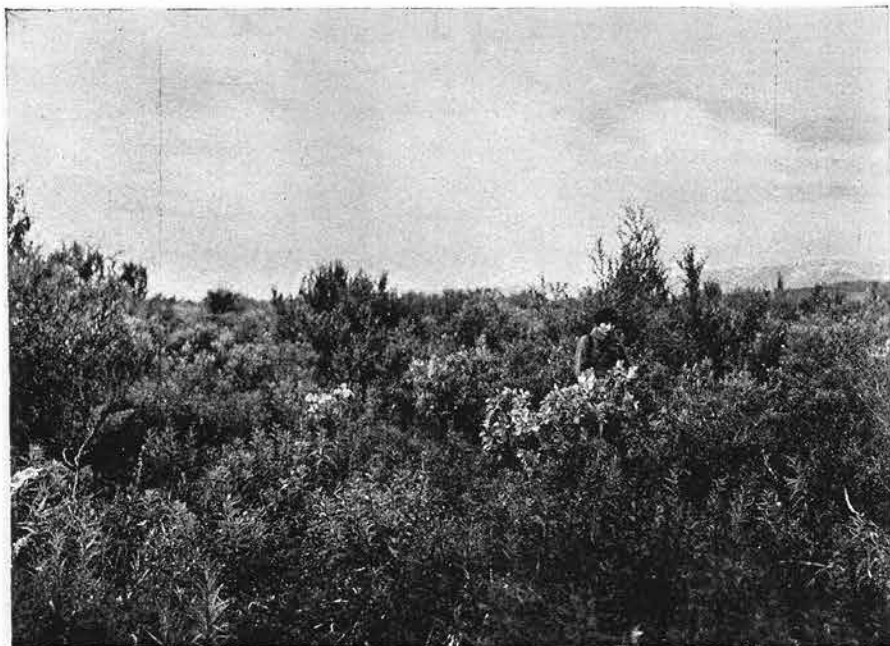
Fot. 2. Tundra opanowująca wypolerowaną przez lodowce powierzchnię skały na wzgórzach Trifona Vaala nad fjordem Petsamo. Rośliny przewodnie *Loiseleuria procumbens*, *Diappensia lapponica* i *Arctostaphylos alpina*. — Die Hügel von Trifona Vaala am Petsamo-Fjorde, deren von Gletschern geglättete Felsenfläche durch die Tundra in Besitz genommen wird. Die Leitpflanzen sind *Loiseleuria procumbens*, *Diappensia lapponica* und *Arctostaphylos alpina*. Fot. Tad. Wiśniewski.



Fot. 3. Widok z gór Patatunturi na najbardziej wysunięty ku północy las brzożowy. — *Blick von den Hügeln Patatunturi auf den am meisten gegen Norden vorgerückten Birkenwald.* Fot. Tad. Wiśniewski.



Fot. 4. Krzewiaste brzozy i wierzby rozrzucone na plateau półwyspu Rybackiego w okolicy wsi Pummanki. — *Auf der Ebene der Fischerhalbinsel in der Gegend des Dorfes Pummanki zerstreute Strauchbirken und Weiden.* Fot. Tad. Wiśniewski.



Fot. 5. Zarośla wierzb (na pierwszym planie jasna *Salix lanata*) poza granicą lasu na półwyspie Rybackim u podnóża gór Kuivatunturi. — Weidengestrüpp (im Vordergrund *Salix lanata*) ausserhalb der Waldgrenze auf der Fischerhalbinsel am Fusse der Hügeln Kuivatunturi.
Fot. Tad. Wiśniewski.



Fot. 6. Jedna z najdalej ku północy rosnących brzoź. Pień gruby lecz krótki, korona spłaszczona, u góry równo obcięta. — Die am weitesten gegen Norden wachsende Birke, deren Stamm dick aber niedrig ist und deren Krone abgestacht und oben wie geschneidelt ist.
Fot. Tad. Wiśniewski.



Fot. 7. Las brzozy z *Cladonia alpestris* w okolicy Yläluostari. Widać charakterystyczne akumulacje humusu u podnóża drzew. Całe runo leśne skupia się na takich stożkach. Widzimy tam *Empetrum nigrum*, *Vaccinium vitis idaea*, *V. Myrtillus*, *Cornus suecica* i *Linnaea borealis* etc. — Ein Birkenwald mit *Cladonia alpestris* in der Gegend von Yläluostari. Man sieht am Stammesgrunde die charakteristische Anhäufung des Humus auf dem die Bodenflora wie *Empetrum nigrum*, *Vaccinium vitis idaea*, *V. Myrtillus*, *Cornus suecica* und *Linnaea borealis* wächst.

Fot. Tad. Wiśniewski.

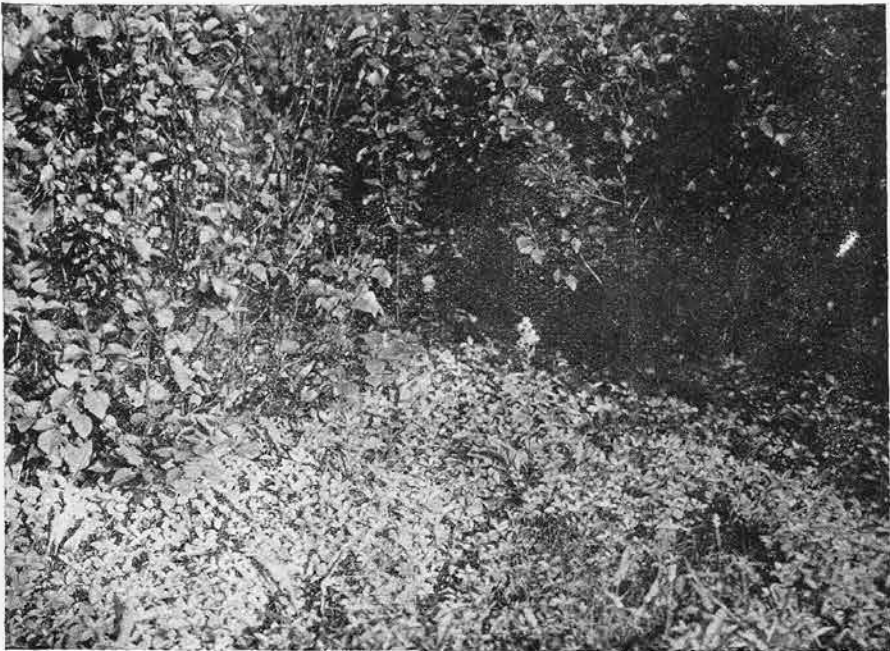


Fot. 8. Typowy wzrost brzoź na granicy lasu. Charakterystycznym jest brak pnia głównego. Zastępuje go kilka wtórnych. — Typisches Wachstum der Birken an der Waldgrenze. Einige sekundäre Stämme vertreten den Hauptstamm.

Fot. Tad. Wiśniewski.



Fot. 9. Wnętrze lasu brzozowego na wzgórzach Pässkysspahta koło Kuvernöörinkoski. Znaczna ilość poziomo (wpływ śniegu) rosnących gałęzi i drzew o licznych pniach wtórnych nadają wnętrzu charakter nieco dzunglowaty. *Dschungelartiger Birkenwald auf den Hügeln von Pässkysspahta bei Kuvernöörinkoski.* Fot. Tad. Wiśniewski.



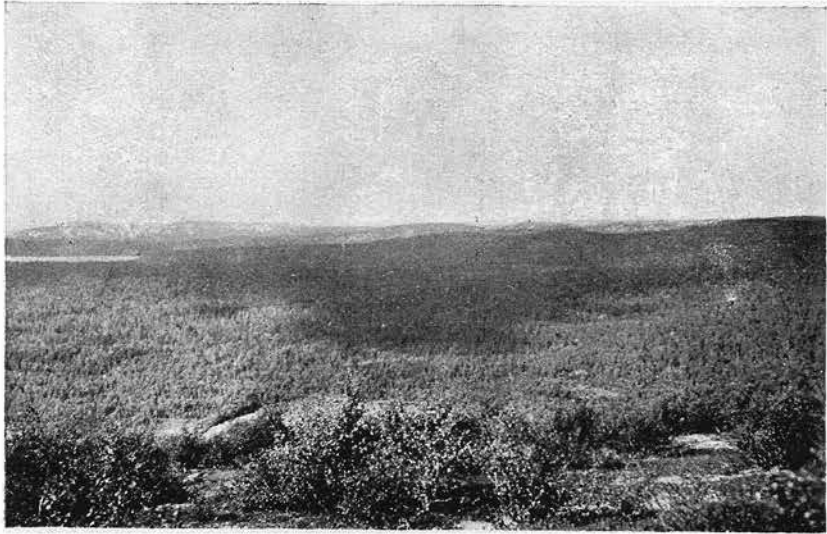
Fot. 10. *Cornus suecica* i *Solidago lapponica* wśród rozrzuconych brzoź na półwyspie Rybackim. — *Cornus suecica* und *Solidago lapponica* zwischen isolierten Birken auf der Fischerhalbinsel. Fot. T. Wiśniewski.



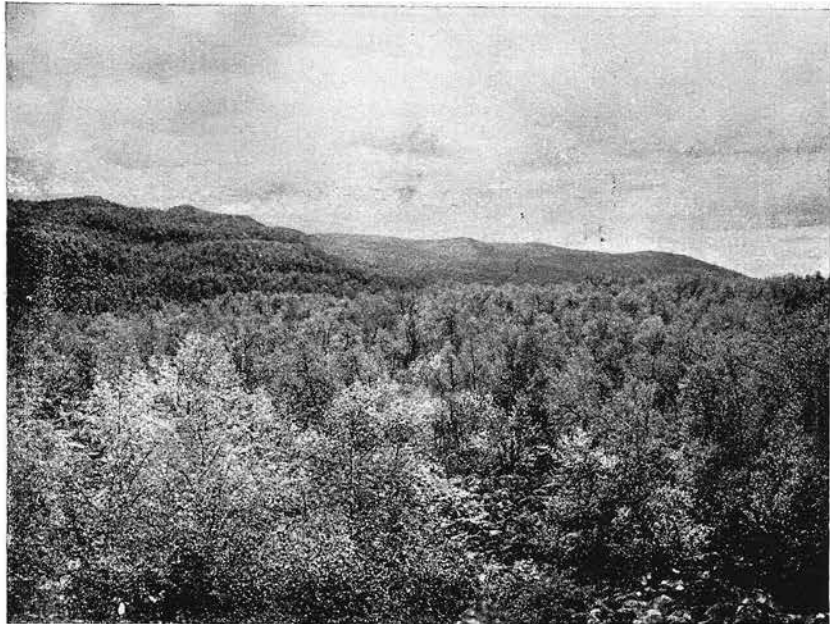
Fot. 11. Typowy dla lasów skrajnej północy Fennoskandji wzrost brzoź. Forma ta, przypominająca do zżudzenia drzewa owocowe nosi w literaturze nazwę „Obstgartenform“. W górnej strefie gałęzi rośnie porost *Parmelia olivacea* (na fot. czarny) przyczem dolna granica jego zasięgu zbiega się z górną przeciętną granicą szaty śnieżnej. Lasy koło Haukilampi. — *Typisches Wachstum der Birken im nördlichen Fennoskandien (sogenannte Obstgartenform) bei Haukilampi. Bis zur Höhe der durchschnittlichen Schneegrenze wächst auf den Ästen die Flechte Parmelia olivacea (auf dem Bilde schwarz).* Fot. Tad. Wiśniewski.



Fot. 12. Rozgałęzienia brzoź na skrajnej północy tworzą się dopiero powyżej górnej przeciętnej granicy szaty śnieżnej. Na fotografii widać zgodność pomiędzy konfiguracją terenu (nachyleniem zbocza), zaleganiem szaty śnieżnej i wytwarzaniem rozgałęzień u brzoź. Góry Patatunturi. — *Im äussersten Norden verüftet sich die Birke erst oberhalb der durchschnittlichen oberen Schneegrenze. Auf der Abbildung sieht man den Einklang zwischen der Verüftung, der Bodenkonfiguration und der Schneelage.* Fot. T. Wiśniewski.



Fot. 13. Widok ze szczytu Pässkysspahta koło Kuvernöörinkoski na rozległe lasy sosnowo-bukowe, typowy dla Laponji północnej. Z lewej strony jezioro Saimijärvi. — *Blick von der Höhe des Pässkysspahta bei Kuvernöörinkoski auf die ausgedehnten für das nördliche Lappomien charakteristischen Kiefern-Birkenwälder. Links der Salmijärvi-See.*
Fot. Tad. Wiśniewski.



Fot. 14. Lasy brzozowe na stokach Petsamon Tunturit. — *Birkenwälder auf den Abhängen von Petsamon Tunturit.* Fot. Tad. Wiśniewski.



Fot. 15. Lasy rozrzucone nad rzeką Paatsjoki. Na brzegu charakterystyczne zarośla wierzbowe *Salix glauca*, *S. lapponum* etc. — Wälder am Paatsjoki-Fluss mit Weidengestrüpp (*Salix glauca*, *S. lapponum* etc.) am Ufer.
Fot. Tad. Wiśniewski.



Fot. 16. Pierwsze od północy świerki w okolicy Ivalo. — Die nördlichsten Fichten in der Gegend von Ivalo.
Fot. Tad. Wiśniewski.

bników, doskonale zresztą prosperujących, o tyle granica świerka jest niezwykle ostra.

Zwarty zasięg sosny sięga o 30 minut dalej niż zasięg świerka. Ta rozpiętość między granicą świerka a granicą sosny nie jest stała. Niekiedy zmniejsza się ona do zera lub prawie do zera, jak n. p. we wschodniej części półwyspu Kola, zachowując jednak podany powyżej wymiar w granicach Finlandji.

Dalej ku północy mamy do czynienia z królestwem brzozy. Zwartą masą dociera ona do $69^{\circ} 40'$; wzdłuż rzek i fjordów dochodzi do $69^{\circ} 45'$, a wyspowo, na Kalastajansaari osiąga swój kres przy $69^{\circ} 48'$.

Pas tundry w korytarzu Petsamo jest mało szeroki. Może najwęższy z całej Fennoskandji. Rozpościera się tutaj tundra jedynie na pobrzeżu morskiem, pokrywając cały półwysep Rybacki, obie wyspy Heinasaaret i przenikając stosunkowo nieznacznie w głąb lądu (tabl. I). Szerokość strefy tundry w sąsiednim Finmarken przewyższa szerokość tejże w Petsamo kilkakrotnie.

Nazwą tundry obejmujemy najrozmaitsze zbiorowiska roślinności, leżącej na północ od granicy lasu. Nie będę opisywał tutaj zespołów tundrowych korytarza Petsamo, zaznaczę jedynie, że bardzo ważną rolę wśród nich odgrywiają formacje łąkowe i formacje krzewinkowe, przy czem pierwsze są związane z terenami niżej, drugie zaś wyżej położonemi.

Pierwszymi zwiastunami bliskości granicy lasu są krzewy — jak *Betula nana*, *Juniperus nana* i szereg wierzb. *Betula* i *Juniperus*, rosnąc w zespołach tundrowych zmieniają do niepoznania swój habitus. Spotykałem krzewy *Betula*, których gałęzie rosły zupełnie równoległe do powierzchni gleby, przyczem po wyrwaniu takich okazów można było zaobserwować, że korzenie rosły w ten sam sposób, odstęp zaś pomiędzy gałęziami a korzeniami wynosił tylko kilka centymetrów. Podobnie *Juniperus nana* występuje tu w formach, które bez wielkiej przesady nazwać można formami płożąciami się. Gałęzie tych krzewów trwających na kresowych stanowiskach nie wychodzą ponad powierzchnię ograniczoną średnią wysokością roślin biorących udział w zespole przez nie zamieszkiwanym. Dostosowują się do wzrostu takich krzewinek jak *Empetrum nigrum*, *Vaccinium vitis idaea* etc.

Wierzby nie posiadają takich zdolności plastycznych. To też nie sięgają one tak daleko na północ jak *Betula nana* i *Juniperus nana*. Zarośla wierzb spotykamy już w strefie przejściowej do strefy lasu brzozowego. Dalej ku północy posuwają się te zarośla tylko brzegami wód płynących lub stojących. Jeśli chodzi o skład ich florystyczny, to są to przeważnie gatunki następujące: *Salix lanata*, *S. hastata*, *S. glauca*, *S. myrsinites*, *S. nigricans*, *S. lapponum*. Podobny skład widzimy ró-

wnieź w zaroślach wierzbowych w strefie lasów, zarówno na krańcach jak i w głębi tejże. To pozwala mi uważać zarośla wierzbowe za forpoczty roślinności leśnej.

Granicy wyraźnej pomiędzy strefą bezleśną a strefą lasów niema. Niema jej nietylko w terenie, lecz także i w zespołach leśnych. Wyspy lasu leżące na skrajnej północy posiadają runo zupełnie identyczne z zespołami tundrowymi te wyspy otaczającymi. Możemy mówić tutaj o „lesie rosnącym na tundrze“ lub o „tundrze wchodzącej do lasu“. O tem, który z tych poglądów jest słuszniejszy, wspomnę w innym miejscu. Teraz chciałem jedynie podkreślić fakt samego przenikania wzajemnego tych dwu typów roślinności.

Obserwacja granicy lasu w terenie uczy nas; że przenikanie to jest posunięte tak daleko, iż wszelka granica lasu, jaką możemy na północy Fennoskandji (a zapewne i gdzie indziej panują stosunki podobne) wykreślić, będzie jedynie granicą konwencjonalną. Spowodowane jest to częściowo rzeźbą terenu. Chociaż bowiem relief powierzchni jest w północnej części korytarza Petsamo nieznaczny (deniwelacje względne nie przekraczają tutaj poza pasmem gór Petsamon tunturit naogół 100—200 *m*) to jednakże na te właśnie 100—200 *m* przypada granica klimatyczna lasu. To też mamy tu do czynienia z jednej strony, wśród tundry z całym szeregiem mniejszych lub większych wysp lasu: z drugiej zaś strony, wśród zwartego masywu leśnego — z całym szeregiem enklaw bezleśnych, co do których trudno jest orzec z pewnością, czy uwarunkowane one są szerokością czy też wzniesieniem nad poziom morza. Komplikuje jeszcze orientację obecność pomiędzy poszczególnymi wzniesieniami kotlin i dolin wystawionych na wiatr lub chronionych przed nim, ekspozycja stoków, charakter podłoża etc. Obserwacja północnej granicy lasu uczy nas dobitnie, jak niewłaściwym jest wiązanie granic geobotanicznych z przebiegiem linii, ilustrujących rozmieszczenie poszczególnych czynników klimatycznych, a specjalnie linii, otrzymanych z danych stacyj t. zw. „makrometeorologicznych“. Każde nieznaczne w cyfrach bezwzględnych wzniesienie, z którego uwarunkowany położeniem szeregu innych wzniesień wiatr zwiewa śnieg w czasie miesięcy zimowych, jakże inne posiada warunki klimatyczne, niż te, które dadzą się zaobserwować na stacji meteorologicznej.

Orientację w przebiegu granicy lasu utrudnia jeszcze wpływ, jaki na jej przebieg wywiera gospodarka człowieka. Zdawałoby się, że w tak minimalnie zaludnionym kraju wpływ ten jest znikomo mały. Cały wszakże szereg faktów przemawia za tem, że mimo to człowiek korygował i to bardzo znacznie przebieg granicy lasów w krajach nawet arktycznych.

Brzoza.

Jak już zaznaczyłem, drzewem, tworzącym arktyczną a także i alpejską granicę lasu jest w całej prawie Fennoskandji brzoza. Stanowisko systematyczne tego gatunku, formy, czy też szeregu form nie jest jeszcze ustalone. Panuje w tej dziedzinie nawet dość daleko sięgająca rozbieżność poglądów. Jedni nazywają ją *Betula tortuosa* Ledeb., inni *Betula odorata* Bechst., przyczem ta ostatnia nazwa bywa traktowana częściowo jako synonim *B. pubescens*. Regel uważał wszystkie brzozy zamieszkujące strefę graniczną lasów na półwyspie Kola za odmianę *var. Kusmischeffii* Rgl. odnosząc ją do zbiorowego gatunku linneuszowskiego *Betula alba*. Sukaczew zalicza brzozy znalezione przez jego ekspedycję do dwu zasadniczych szeregów: *verrucosae* i *pubescentes*, nie wdając się w precyzowanie dalsze ich wartości systematycznej. Według niego (obszar jego badań obejmuje wschodnią część półwyspu Kola) *B. verrucosa* Ehrh. występuje jako gatunek południowy i dochodzi tylko do okolic st. Imandra i st. Szanguj. Mieszkańców tego gatunku z *B. nana* Sukaczew nie widział. Również *B. pubescens* typowa (w obu odmianach *var. rhombifolia* (Rgl.) Suk. i *var. ovalifolia* (C. K. Schneider) Suk.), chociaż sięga nieco dalej na północ, reprezentuje element geograficzny południowy.

Należące do tegoż szeregu *pubescentes* formy, tworzące zarówno północną jak i górną granicę lasu na półwyspie Kola, obejmuje Sukaczew ogólnie nazwą Regel'a *Betula Kusmischeffii* (ryc. 4), zaznaczając, że traktuje ją jako pojęcie zbiorowe. Zmienność tej brzozy jest poprostu niesłychana. Zarówno habitus drzewa, zmieniający się od okazów wyprostowanych, dochodzących do wysokości 4—5 m, do okazów rozslanych, o pniu grubym lecz krótkim, jak i kształt i wielkość liści, łusek i nasion — zmieniają się z każdym egzemplarzem. Sukaczew uważa, że brzoza, którą obejmuje on zbiorową nazwą *B. Kusmischeffii*, stanowi produkt hybrydyzacji pomiędzy typową *B. pubescens* i *B. nana*, hybrydyzacji odbywającej się tylko w górnej i północnej strefie ich zasięgu a nie spotykanej nigdy w strefach bardziej południowych, chociaż oba te gatunki występują tam obok siebie na ogromnych obszarach.

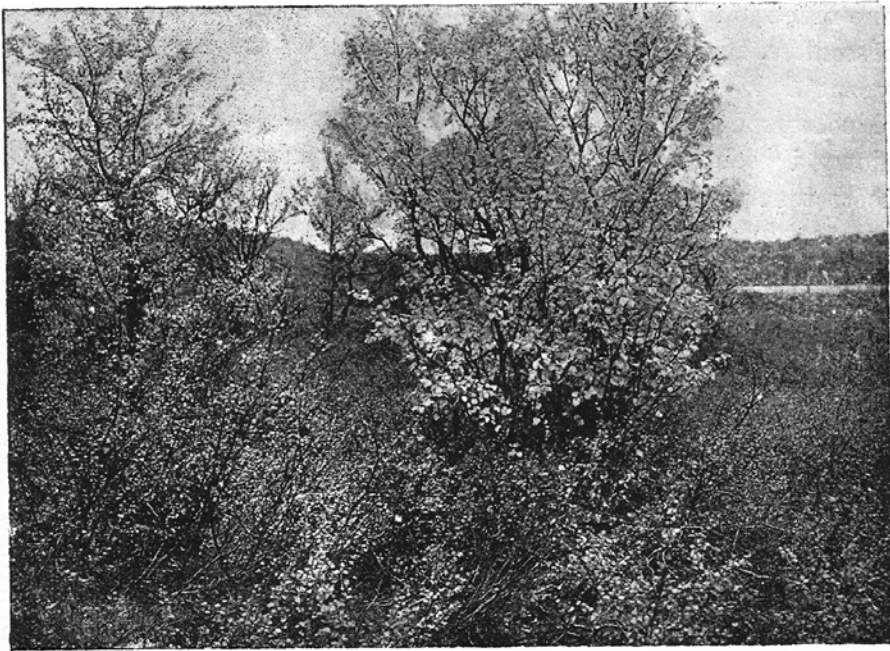
Równolegle do zmienności systematycznej, dającej się zauważyć dopiero w trakcie dokładniejszych studjów, możemy już na pierwszy rzut oka stwierdzić u brzozy północnej wielką zmienność ekologiczną. Jeden rzut oka na tablice III—VI może nas o skali tej zmienności przekonać. Można wyróżnić kilka typów wzrostu brzozy, następujących po sobie kolejno w miarę posuwania się ku północy.

W strefie południowej omawianego terenu przeważają wyraźnie okazy wysokopienne, o dobrze rozwiniętej foremnej koronie, podobne

zupełnie do znanych nam z kraju. Dalej ku północy, wysokość pnia się obniża, staje się on wykrzywiony; zanika też kształtność korony.

W strefie północnej, znajdujemy prawie wyłącznie okazy pozabawione całkowicie pnia głównego. Posiadają one po kilka pni wyrastających ze wspólnego systemu korzeniowego. Pojęcie o wyglądzie takich okazów daje nam tabl. IV (fot. 8). Normalnie pni takich bywa 4—6, czasem jednak liczba ich dochodzi do 10 (a nawet, jak to podaje Sukaczew, do 12).

Przyczyną istnienia i dominowania tego typu wzrostu jest prawdopodobnie obumieranie (odmarzanie) pędów głównych. Poczynają się



Ryc. — Fig. 4. *Betula Kusmischeffii* wraz z *B. nana* na torfowiskach w okolicy Yläluostari. — *Betula Kusmischeffii* und *B. nana* auf den Torfmooren in der Gegend von Yläluostari. Fot. T. Wiśniewski.

wtedy rozwijać pąki śpiące i one to dają początek pędom bocznym. Obumieranie zaś pędów powodowane jest wieloma czynnikami. Odgrywa tu rolę wysuszająca działalność zimnych wiatrów, korrozja śnieżna, przymrozki etc.

Nieco inaczej wyobraża sobie przyczynę tworzenia tego typu wzrostu Sukaczew. Uważa on mianowicie, że wiek prekluzyjny brzoź na Koli wynosi 60—80 lat. Po osiągnięciu tego wieku pień obumiera, a na jego miejsce z pączków drzemiących rozwijają się nowe pędy. Przypuszcza on, że w ten sposób na jednym systemie korzeniowym

zmieniać się mogą kolejno liczne pokolenia. Tłumaczenie to w założeniu jest zupełnie prawdopodobne: największą bowiem trudność sprawia młodym roślinkom na północy należyte zakorzenienie się. Gdy są już zakorzenione, walka z surowym klimatem posiada już szanse powodzenia.

Trzecim, najoryginalniejszym typem wzrostu, spotykanym zresztą tylko na krańcach zasięgu brzozy jest typ uwidoczony na tabl. III (fot. 6). Okazy należące do tego typu posiadają, jak widzimy, pień bardzo gruby lecz zato bardzo niski i koronę spłaszczoną, niewykraczającą zwykle ponad poziom 0.50—0.75 nad powierzchnią ziemi. Górna powierzchnia korony okazów tego typu przedstawia widok bardzo swoisty. Ponad zupełnie płaską jej powierzchnię nie wystaje ani jedna nawet gałązka, tak, że całość przypomina nieco szczotkę.

Znaczny wpływ na pokrój brzozy w pobliżu arktycznej granicy lasu wywiera szata śnieżna. Z tabl. III (fot. 6) widać, że gałęzie rozwijają się jedynie powyżej poziomu, do którego sięga w zimie warstwa śnieżna. Również powyżej zasięgu warstwy śnieżnej rośnie gatunek porostu bardzo charakterystyczny dla pni brzozowych na północy: *Parmelia olivacea*. Pozwala nam to orjentować się doskonale, nawet w ciągu lata, w zaleganiu pokrywy śnieżnej na poszczególnych terenach. Z tabl. VI (fot. 12) widać n. p. jak szata śnieżna na niewielkich pochyłościach koreluje z powierzchnią zbocza.

Pochyły wzrost wielu pni i gałęzi spowodowany jest również wpływem śniegu, działającego tutaj swym ciężarem. Przygniata on je w zimie do ziemi. Starsze gałęzie łamią się często — młode, bardziej elastyczne wyginają się, i trwając w tej pozycji przez szereg miesięcy, zachowują ją następnie i na okres wegetacyjny. Wielka ilość pochylonych, częstokroć wręcz poziomych gałęzi nadaje wnętrzu lasu brzozowego na północy specyficzny, „dżunglowaty“ że się tak wyrażę wygląd tabl. V (fot. 9).

Obsiew naturalny jest nawet w skrajnie północnej części zasięgu brzozy dość znaczny. O ile miałem możność zaobserwować, kiełkowało w lasach brzozowych bardzo wiele nasion. Jaka ilość z pomiędzy nich rocznie zdoła się utrzymać — orzec naturalnie trudno. Mam wrażenie że chociaż procentowo niewielka, w cyfrach jednak bezwzględnych dość poważna. Prócz rozmnażania przez nasiona obserwowałem Kujala w korytarzu Petsamo także rozmnażanie wegetatywne. Zauważył on mianowicie, że (specjalnie na granicy lasu) przyciśnięte do ziemi gałęzie brzozy wytwarzały korzenie przybyszowe i dawały w ten sposób początek nowym systemom korzeniowym i nowym pędom. Taki sposób rozmnażania nie odgrywa jednak według niego znaczniejszej roli.

Sosna.

Posuwając się na południe spotykamy w strefie lasów brzozowych początkowo pojedyncze, potem mniejszymi i większymi grupami rozsiane okazy sosny. Podobnie jak i brzoza posiada ona swój zwarty zasięg obramowany od północy strefą, w której występuje tylko sporadycznie. Prócz tej strefy przejściowej, tworzy sosna dość dużą wyspę oderwaną zupełnie od zasięgu, wyspę, leżącą w okolicy jeziora Tuulijärvi. Niestety, brak jakichkolwiek danych co do wyniesienia tej okolicy ponad poziom morza nie pozwala mi na wysunięcie jakichkolwiek przypuszczeń co do charakteru przyczyn istnienia tej wyspy. W każdym bądź razie, sosny jest tam tak wiele, że tworzy ona właściwy las iglasty wśród lasu liściastego, brzozowego. Nie posiadam niestety danych dotyczących przebiegu i charakteru granicy sosny w rosyjskiej i norweskiej części półwyspu Kola, lecz przypuszczam, że analogiczne wyspy lasu sosnowego i szereg poszczególnych jej okazów znaleźć można poza arktyczną granicą tego gatunku i na wschód i na zachód od korytarza Petsamo.

Jest faktem uderzającym, że o ile okazy brzozy rosnące na granicy polarnej rozmieszczenia tego gatunku dają nam swym wyglądem zewnętrznym jasno do zrozumienia o tem, że walka toczona przez nie z klimatem jest bardzo ciężka, o tyle najbardziej na północ wysunięte okazy sosny nie wykazują żadnych zmian, żadnych cech, któreby świadczyły o nieprzychylności warunków, w jakich żyją. Jeden rzut oka na dołączone fotografie może nas o tem przekonać. Są to potężne, wieloletnie okazy, dobrze rozrośnięte, o pniu wyprostowanym, koronie dobrze rozwiniętej. Nasuwa się więc wobec tego wniosek, że granica sosny nie jest tutaj uwarunkowana osiągnięciem przez nią granicy swego możliwego rozwoju. Tak jest w istocie. Już Kihlman wskazywał, że w tych szerokościach, z powodu panujących w lecie stosunkowo niskich temperatur, nasiona sosny dojrzewają rzadko. To jest zapewne główną przyczyną dla której sosna osiąga tu swój kres północny. Intensywność rozmnażania jej wegetatywnego, obserwowana przez Kujala, przemawia również za tem przypuszczeniem.

Stanowisko systematyczne sosny północnej również nie jest jeszcze ustalone, pomimo to, że zajmowano się nią już oddawna. Botanicy skandynawscy nazywają ją *Pinus silvestris lapponica* (Fr.) Hartm., uważając ją za rasę pospolitego u nas gatunku. Engler uważał ją za odmianę klimatyczną, analogiczną do innych lokalnych form tego gatunku. Neger uważa ją wszakże za jednostkę systematyczną wyższego rzędu, może wręcz za odrębny gatunek, a to z racji szeregu cech stałych, dziedzicznych. Uważa ją za niezwykle cenną dla leśnictwa,

albowiem posiada znaczną odporność przed grzybkim *Lophodermium pinastri*.

Sosna północnej części półwyspu Kola nie odpowiada jednak w zupełności ddiagnozie *Pinus silvestris lapponica* (Fr.) Hartm. Korona nie jest wąska — lecz przeważnie właśnie szeroko rozrośnięta (patrz ryc. 5 i 6). Szpilki nie są o połowę krótsze. Nasion nie widziałem, lecz, jak to słusznie zaznacza Sukaczew podając swoje (analogiczne do moich) obserwacje ze wschodniej części półwyspu Kola, wobec znacznej wielkości szyszek, istnienie małych nasion nie jest prawdopodobne.

Należy zatem przypuszczać, że *Pinus silvestris lapponica* (Fr.) Hartm. nie jest rasą na całej przestrzeni swego zasięgu jednolitą, że w północnej części zasięgu odbiega dość znacznie od typu, pospolitego w środkowej i południowej Laponji. Nie jest wykluczone, że np. wąska korona związana jest ze zwartymi drzewostanami. Drzewostany zaś na skrajnej północy są mniej lub więcej rzadkie. Na ogromnej również przestrzeni występuje sosna sporadycznie lub grupowo wśród niskich lasów brzozowych a zatem w warunkach zupełnie odmiennych od tych jakie panują w zwartym lesie. Nic więc niema w tem dziwnego, że typ sosny na skrajnej północy różni się od typu zwartych lasów reszty Laponji.

Oдноśnie do sosny wschodniej części półwyspu Kola podaje Sukaczew dwie bardzo ciekawe obserwacje. Jedna z nich dotyczy występowania form płożących się, rozesłanych, w górach Chibińskich. Form takich przed Sukaczewem nie obserwował na Koli nikt, a z terytorjum Fińskiego nie są one znane dotąd, nawet z gór. Druga obserwacja dotyczy korzenia. Otóż według Sukaczewa, sosna na Koli nie posiada dobrze rozwiniętego korzenia centralnego, który już w początkach swego istnienia odchyła się od pionu i rośnie w bok. Z tego powodu sosny na Koli bywają bardzo często wywracane przez wiatr. Tłumaczy on to



Ryc. — Fig. 5. Stara sosna stojąca pojedynczo wśród lasów brzozowych koło Haukilampi. — *Eine alte im Birkenwalde wachsende Einzelkiefer bei Haukilampi.*
Fot. Tad. Wiśniewski.

zjawisko niską temperaturą gleby na większych głębokościach. Zaznacza jednak, że widział w Zabajkalju i w okręgu (oblast') Jakutskim silnie rozwinięte korzenie pionowe nawet wtedy, gdy gleby były już płytko zamrożone. Na Koli zaś, według niego, cecha ta występuje nawet na glebach piaszczystych.

Na granicy masowego zasięgu sosny, a zatem na granicy lasów sosnowych ilość brzozy wyraźnie i raptownie maleje. Ze składnika do-



Ryc. — Fig. 6. Wspaniała kilkusetletnia sosna stojąca pojedynczo wśród lasów brzozowych między Kuvernöörinkoski a Haukilampi. — *Eine schöne, einige hundert Jahre alte Einzelkiefer im Birkenwalde zwischen Kuvernöörinkoski und Haukilampi.* — Fot. T. Wiśniewski.

minującego staje się ona od razu składnikiem podrzędnym. Ostrość tego przejścia jest uderzająca. Tem bardziej jeszcze, że nawet pokrój brzoź roznących jako domieszka w lesie iglastym różni się bardzo znacznie od pokroju tychże, rosnących w południowej części lasów brzozowych.

Przechodzimy tu zatem do lasów iglastych we właściwym tego słowa znaczeniu.

Świerk.

Ostatnie z tej lapońskiej lasotwórczej trójki drzewo — spotykamy — posuwając się od Oceanu Lodowatego na południowy zachód wzdłuż linii Petsamo-Rovaniemi — dopiero na południowym krańcu jeziora Inari, w okolicach Ivalo. We wschodniej części Koryntarza sięga ten gatunek wiele bardziej na północ, gdyż dochodzi na wododziale Luottojoki i Paatsjoki do 69° szerokości półn.

Korona świerków północnych posiada kształt bardzo piękny i bardzo zarazem swoisty, jak to zresztą widać z tabl. VIII (fot. 16). Pień wysmukły i prosty jak strzała. Igliwie barwy ciemno zielonej. Rozrzucone pojedynczo lub grupami, w dość znacznych — na krańcach swego zasięgu — odstępach, drzewa te usprawiedliwiają swym potężnym

kolumnowym zarysem nadawaną im nazwę *Picea excelsa columnaris*. Jest rzeczą ciekawą, że ów kształt kolumnowy na północy jest zjawiskiem stałym, rzadkością wielką są świerki posiadające odmienną sylwetę.

Stanowisko systematyczne świerka północnej Laponji również nie jest jeszcze jasne. Najprawdopodobniej jest to forma pośrednia między *Picea excelsa* (świerk europejski) a *Picea obovata* (świerk syberyjski), występująca na pograniczu zasięgów tych dwu gatunków. Badania nad tą kwestją są jednak o tyle utrudnione, że na północnym krańcu swego zasięgu świerk owocuje nader rzadko. Rozmnażanie zaś wegetatywne jest dość rozpowszechnione.

Historja granicy lasu w Fennoskandji.

Roślinność Fennoskandji jest roślinnością bardzo młodą, jedną z najmłodszych w Europie. Dopiero po zupełnem ustąpieniu lądolodu pojawić się tam mogły pierwsze gatunki roślin zwiastujące początek dalszej, masowej migracji. Chociaż więc cała flora tej części Europy jest przybyszową, i to zadomowioną w czasach zupełnie prawie nowoczesnych, historja jej jednak da się już podzielić na pewne wyraźne okresy.

Ostatnio Auer, na podstawie przeprowadzonych przez niego badań nad zawartością pyłku drzew w torfowiskach północnej Laponji, dał nam szkic historji paleograficznej tego terenu. Otóż według Auera, północna Laponja uwolniła się definitywnie od powłoki lodowej i stała się dostępną dla migracji roślinnej dopiero przed 6.000—7.000 lat. Czas od tego momentu do chwili dzisiejszej dzieli on na trzy okresy: okres następujący bezpośrednio po stopnieniu lądolodu, okres przewagi sosny i na okres trzeci, trwający jeszcze obecnie, okres pogorszenia się klimatu, recessji sosny i migracji świerka.

Bezpośrednio po ustąpieniu lądolodu, panowała na uwolnionem od powłoki terytorjum faza roślinności tundrowej. Ponieważ jednak polepszanie się klimatu odbywało się w tempie nader szybkim, wegetacja rozwijała się bardzo intensywnie ogarniając coraz to większe tereny i powiększając znacznie swój skład gatunkowy. Wkrótce pojawiają się i dwa pierwsze drzewa: brzoza i sosna. O ile wszakże w Szwecji północnej wszelkie dane przemawiają za tem, że sosna i brzoza pojawiły się tam jednocześnie, o tyle w północnej Laponji badania Auera wykazały istnienie — krótkiego coprawda — lecz wyraźnego okresu, w którym brzoza występuje bez sosny. Auer przypuszcza, że o ile np. w środkowej Finlandji te dwa drzewa posuwały się równolegle z równą szybkością, o tyle na dalekiej północy, coraz to surowszy klimat w rozmaity sposób zmieniał szybkość posuwania się tych dwu

rozmaicie odpornych gatunków. Dzięki większej wytrzymałości, brzoza mogła wyprzedziwszy sosnę osiągnąć przed nią skrajnie północne stanowiska.

W następnym okresie, dzięki bardziej odpowiadającemu jej klimatowi z kolei sosna zwyciężyła w konkurencji i osiągnęła przewagę nad brzozą. Rozpowszechnia się ona wtedy na całym terytorjum, odsuwając strefę brzozową i tundrową na najwyższe szczyty górskie. Prawie całe terytorjum Laponji było wtedy pokryte lasami. Olsza i lipa jak to wynika z analizy pyłkowej warstw współczesnych, sięgała wtedy o wiele dalej na północ niż obecnie. Prawdopodobnie do tego okresu, do tego optimum klimatycznego należy odnieść ślady pyłku drzew na Nowej Ziemi i na Orkadach. Do tego również okresu odnoszą się zapewne wyspy sosny rozsiane obecnie na całej przestrzeni strefy brzozy.

W trzecim okresie widzimy dwa zjawiska uderzające nas najbardziej: cofanie się sosny, spowodowane pogorszeniem się ogólnym klimatu i imigrację świerka. Według Auera odbywało się to około 2.500 lat temu, w tym samym czasie, w którym wymarła kotewka wodna (*Trapa natans*) w południowej Finlandji.

Osiągnąwszy kres północny swego rozmieszczenia świerk nie zdołał się na nim utrzymać. Obserwujemy wkrótce potem jego recesję i znów posunięcie się ku północy, znów recesję i znów skok naprzód. Za każdym jednak razem tracił świerk pewną strefę ze swego pierwotnego zasięgu tak, że kres osiągnięty początkowo zaraz po przybyciu na północ, pozostał zasięgiem maksymalnym.

Cofanie się arktycznej granicy lasu.

Fakt, stwierdzony niedawno bezspornie przez Auera na podstawie analizy pyłkowej torfowisk Lapońskich, fakt cofania się, w niedalekiej przeszłości, granicy lasu nie był niespodzianką. Już od dawna przypuszczano jego istnienie.

Błądząc wśród rozległych przestrzeni bezleśnych na wybrzeżu Oceanu Lodowatego można od czasu do czasu natrafić na resztki wolno w tym klimacie próchniejących pni brzozowych. W strefie lasu brzozowego — spotykamy dość często wyspy pięknych okazów sosny, oderwane zupełnie od masowego zasięgu tego drzewa. Wobec tych faktów nasuwało się samo przez się przypuszczenie, że granica lasu w niedalekiej przeszłości podlegała wahaniom mniej lub więcej znacznym i to w sensie negatywnym.

Obserwacji, które potwierdzały to przypuszczenie, istniało bardzo wiele. Nad morzem Białym, na północnych stokach Uralu, w Syberji wreszcie — wszędzie wśród tundry, i to częstokroć wśród szczerzej tundry spotkać można mniej lub więcej okazałe a obumarłe pnie drzew,

tworzących granicę lasu. Za strefą drzew obumarłych zupełnie następuje strefa drzew o obumarłych gałęziach, wierzchołkach lub też poszczególnych pędach. Strefa takich weteranów roślinności drzewiastej przechodzi dopiero w strefę drzew zdrowych, nie zniekształconych. Na Lofotach i Islandji, gdzie obecnie brzozy brak prawie zupełnie, znajdowano w torfie pnie tych drzew. W głębszych warstwach torfowisk tundrowych znajdujemy częstokroć pyłek drzew w ilościach znacznie przewyższających zawartość tegoż w warstwach nawierzchni.

Fakt cofnięcia się granicy lasu został stwierdzony poza wszelką wątpliwość przez Auera. Przyczyny jednak takiego cofnięcia się lasu i to na całej prawie linii jego arktycznej granicy pozostają dotąd nieznanne. Panuje w tej dziedzinie wielka różnorodność poglądów. Postaram się najważniejsze z nich zestawić poniżej.

Linkola oraz Brockmann Jerosch przypisują wielką wagę w kształtowaniu linii zasięgu lasu na dalekiej północy wpływowi człowieka. Bezwątpienia, na krańcach zasięgu w warunkach dla egzystencji roślinności drzewiastej i formacji leśnych bardzo nieprzychylnych czynnik ten odgrywać musi rolę o wiele poważniejszą, niż w warunkach sprzyjających rozwojowi drzew i lasu. Tam gdzie przeciwko roślinności drzewiastej sprzysięgły się wszystkie czynniki klimatyczne — odnowienie się zniszczonego lasu staje się problemem, dla rozwiązania którego niezbędne są okresy czasu bardzo długie, wymykające się z pod obserwacji pojedynczych pokoleń. Chociaż więc stopień zaludnienia krajów arktycznych jest niezmiernie mały wpływ niszczący człowieka daje tu efekt nieproporcjonalnie wielki.

A. Schrenk i A. Middendorf przypisywali obumieranie skrajnych drzew wpływowi silnych mrozów, przyczem według tego ostatniego, największą rolę odgrywają powtarzające się przez szereg lat z rzędu silne przymrozki wiosenne.

Kihlman — w swych klasycznych studjach doszedł do przekonania, że winę złożyć należy na powodowane wiatrami wysychanie pędów i pni w zimie, gdy korzenie ze skutej mrozem gleby nie są w stanie doprowadzać odpowiednich ilości wody, aby pokryć straty poniesione przy transpiracji.

Tanfiljew i ostatnio, częściowo przynajmniej, Auer widzą przyczynę recesji lasu w stopniowym zatorfianiu terenów zalesionych. Lasy są siedliskiem sprzyjającym rozwojowi warstwy mchów i porostów — wraz jednak z rozwojem tychże podnosi się poziom wód gruntowych i jednocześnie podnosi się poziom gleby stale zamarzłej. Gdy poziom ten obejmie system korzeniowy drzew, drzewa giną. A według badań Tanfiljewa nad Peczorą tam, gdzie piasek odmarza w lecie do głębokości 150 *cm* a glina do 125, torf już na głębokości 35—40 *cm* jest stale zamarzły.

Jak widać z zestawienia powyższego, poglądy na przyczynę powodującą cofanie się arktycznej granicy lasu i drzew są niezwykle rozbieżne. Każdy z wymienionych powyżej poglądów wysuwa na czoło akcję pewnego, jednego tylko czynnika, przemilczając zupełnie działalność innych. Zapewne jednak, tak potężne w swej sile i tak rozległe w zasięgu zjawisko zawdzięcza swe istnienie nie działaniu jednego, któregokolwiek z wymienionych, czynnika, lecz jest wynikiem współdziałania wielu, być może, dotąd nam jeszcze nieznanymi czynników.

Przyczyny bezleśności tundr.

Z przyczynami powodującymi cofanie się w czasach ostatnich arktycznej granicy lasu wiąże się ściśle problem bezleśności tundr. Granica lasu, zarówno kontynentalna, t. zw. stepowa, jak i polarna zwracały na siebie oddawna uwagę nie tylko zawodowych botaników i leśników lecz także i różnorodnego autoramentu podróżników. Naprawdę bowiem, granica lasu i drzew jest zjawiskiem tak rzucającym się w oczy, taką rolę odgrywającym w krajobrazie, klimacie, życiu człowieka etc., że doprawdy trudnoby było przejść obok niego obojętnie.

Dzięki badaniom terenowym ogarniającym coraz to rozleglejsze obszary globu naszego, poznano i wytyczono na mapach przebieg tej jedynej w swoim rodzaju, najostrzejszej chyba w świecie roślinnym granicy. Wszelkie jednak dotychczasowe próby wytłumaczenia przyczyn warunkujących jej istnienie nie były w stanie dać zadawalniającej odpowiedzi na to niezmiernie ważne i frapujące zarazem pytanie.

Próbowano wytłumaczyć istnienie i przebieg arktycznej granicy lasu wpływem najrozmaitszych czynników, a więc: charakterem klimatu, poszczególnymi jego elementami, jak temperatura, wiatrami, wodą, charakterem podłoża etc. Jak dotąd wszakże bezskutecznie.

Postaram się poniżej przytoczyć pokrótce najważniejsze poglądy w tej dziedzinie.

Najstarszem bodaj, chronologicznie rzecz biorąc, jest tłumaczenie bezleśności tundr klimatem termicznym krajów polarnych. Na ile śmiała była taka hipoteza i na ile była ona pozbawiona wszelkich realnych podstaw, może świadczyć już sam fakt, że była ona postawiona wtedy, gdy wogóle o klimacie krajów polarnych (nie mówiąc już o przebiegu izoterm na ich terenie) — nie wiedziano prawie nic konkretnego.

Granice lasu łączono z przebiegiem izotermi rocznej 0° , izotermi najzimniejszego miesiąca -10° i z izotermą (najcieplejszego miesiąca) $+10^{\circ}$. Bezspornie, na niektórych odcinkach przebieg arktycznej granicy lasu pokrywa się z przebiegiem wspomnianych izoterm, lecz gdy uwzględnimy ich przebieg na całej półkuli północnej, to rozbieżność

okaże się aż nadto wyraźną. Szczególnie w Azji rozbieżność ta jest bardzo jasna. Arktyczna granica lasu przecina na tym kontynencie cały szereg izoterm pod kątem niemal że prostym. Co więcej, na terenie tego kontynentu możemy także obserwować znany zresztą w literaturze botanicznej paradoks, a mianowicie obecność lasu na terenach o średniej rocznej i średniej najzimniejszego miesiąca niższych niż odpowiednie izotermi na terenach pokrytych całkowicie przez tundrę.

Teren rzeczony leży w obszarze Werchojańska. Średnia roczna temperatura wynosi tam -16° , średnia zaś najzimniejszego miesiąca sięga -50.5° . Pomimo to na całym obszarze otaczającym ten swoisty biegun zimna widzimy rozległe lasy modrzewiowe (*Larix sibirica*). Posuwając się ku północy od Werchojańska jesteśmy świadkami dziwnego zjawiska. Zarówno średnia roczna jak i średnia najzimniejszego miesiąca (w tym wypadku lutego) stają się wyższe aż wreszcie tam, gdzie dochodzą one do -13.3° i -33.8° , las się kończy i rozpoczyna się królestwo tundry. Zupełnie paradoksalna inwersja normalnie panujących na kuli ziemskiej stosunków dyskredytuje kompletnie hipotezę o decydującym wpływie samej temperatury na przebieg granicy lasu.

Jest rzeczą nader ciekawą (o czym zresztą już wspomniałem, mówiąc o klimacie) że drugim, poza Werchojańskim, miejscem na kuli ziemskiej, gdzie obserwujemy podobną inwersję stosunków pomiędzy temperaturą, szerokością geograficzną i granicą lasu jest właśnie północna Fennoskandja, a specjalnie północna Finlandja. Widać to z załączonych mappek (ryc. 1 i 2). Średnia roczna temperatura wynosi w głębi lądu (w t. zw. Laponji Enöntekiö) -3° , gdy na wybrzeżu finlandzkim Oceanu Lodowatego waha się ona od 0° do $+1^{\circ}$, a na wybrzeżu norweskim dochodzi do $+3^{\circ}$. Również w tej samej części półwyspu zlokalizowana jest najniższa średnia temperatura najzimniejszego miesiąca roku, lutego. W Laponji Enöntekiö wynosi ta temperatura -15° , a na brzegach Oceanu Lodowatego: — na norweskim -3° a na fińskim -6° . Widzimy z powyższego, że panują tu stosunki zupełnie podobne do panujących nad dolnym biegiem rz. Chatangi. Tereny bogato zalesione mają i temperaturę średnią roczną i temperaturę średnią najzimniejszego miesiąca w roku — niższe, aniżeli leżące dalej ku północy tereny tundrowe.

Wyczuwając, że wiązanie przebiegu granicy lasu z rozmieszczeniem temperatury na globie ziemskim jest zbyt sztuczne, próbował Grisebach wprowadzić do geobotaniki pojęcie specjalne, pojęcie t. zw. fitoizotermi. Tłumaczył on, że wartości temperatur okresu spoczynkowego niewiele tu ważą, że najistotniejsze znaczenie posiada dla roślinności wszelkiej — a dla drzewiastej w szczególności — temperatura średnia okresu wegetacyjnego. Fitoizoterma była właśnie tą średnią

temperaturą miesięcy okresu wegetacyjnego. Uderzyło Grisebacha, że średnia trzech miesięcy letnich w Jakutsku wynosiła 13.2° , gdy średnia ośmiu miesięcy okresu wegetacyjnego w Bordeaux równała się 13.9° , czyli była tylko o 0.7° wyższa. Lecz już sam Grisebach przyznał następnie, że „nowsze pomiary“ nie zgadzają się z jego teorią, gdyż w Aalten w Laponji Szwedzkiej okres wegetacyjny jest równie długi jak w Jakutsku a średnia temperatura wynosi tam tylko 9.5° . Gdyby miał pomiary z Petsamo, to niezgodność byłaby jeszcze większą, albowiem średnia okresu wegetacyjnego w Petsamo wynosi 8.5° w Ivalo zaś 9.1° . A w Ivalo mamy przecie wspaniałe i rozległe lasy.

Poza temperaturą, rolę decydującą o bezleśności tundr przypisywano wiatrom. Wpływ, jaki wywierają wiatry na roślinność drzewiastą bywa bardzo różnorodny, a zawsze prawie ujemny, szkodliwy. Musimy wyraźnie odróżnić dwa rodzaje oddziaływania wiatrów na organizmy roślinne a mianowicie działanie mechaniczne i działanie fizjologiczne.

Działanie mechaniczne objawia się najczęściej (jeżeli chodzi o północ) w korozji śnieżnej. Przy długotrwałej zimie, niesione przez szybkie wiatry drobne lecz ostre kryształki śniegowe powodują efekt analogiczny do erozji eolicznej znanej nam z terenów pustynnych. Siekąc delikatną korę na młodych szczególnie gałązkach powodują łatwo uszkodzenia. Przerywając wierzchnie warstwy kory i obnażając żywe tkanki, są wiatry unoszące kryształki śniegu czynnikiem powodującym obumieranie gałęzek (szczególnie młodych) i wierzchołków drzew. Podobnym wiatrom zawdzięczają często swe istnienie także spania kory na starszych gałęziach i na pniach.

Takie zniekształcone przez korozję śnieżną i uschnięte gałęzie oraz wierzchołki drzew obserwować możemy na granicy lasu bardzo często. Są one tam zjawiskiem bardzo pospolitem.

Gorodkow naprzykład, opisując lasy północnego Uralu powiada, że „na stronie zachodniej (kierunek panujących wiatrów) pni i gałęzi widział bardzo wiele obnażonych z kory, sięgających aż do drewna ran. Do wysokości $1\frac{1}{2}$ — $2\ m$ skrajne drzewa są zupełnie pozbawione kory i odpolerowane unoszonemi przez wiatr kryształkami śniegu. Również tworzenie t. zw. form chorągiewkowych tłumaczy autor ten korozją śnieżną“.

Działanie fizjologiczne wiatru znajduje swój wyraz w zwiększeniu transpiracji. O ile rośliny, posiadając zapewniony jednoczesny dopływ wody w ilościach dostatecznych, znoszą z łatwością nawet bardzo silną transpirację, o tyle zwiększenie tejże w okresie zupełnego braku, lub utrudnionego dopływu wody, dla roślin wogóle, a specjalnie dla drzew, których zapotrzebowanie wody jest stosunkowo bardzo wielkie — staje się zabójcze.

Kairamo (Kihlman) sądził, że najważniejszą przyczyną bezdrzewności tundry są wiatry zimowe, zwiększające transpirację w czasie, gdy korzenie ze skutej lodem gleby nie mogą dostarczyć organizmowi drzewa potrzebnych ilości wody i dopływ jej z systemu korzeniowego do nadziemnych części rośliny nie jest w stanie pokryć strat spowodowanych zwiększoną transpiracją.

Gorodkow, interpretując poglądy Kairamo na znaczenie wiatrów dla roślinności drzewiastej skłania się jednak raczej ku przypuszczeniu, że to wiatry letnie powodują bezdrzewność tundr. Zwraca on uwagę na to, że w krajach arktycznych wogóle dopływ wody z gleby jest w stosunku do ogromnego jej zapotrzebowania ze strony roślin drzewiastych bardzo niewielki. Przyczyną tego braku wody jest niska temperatura gleby a specjalnie podglebia. Tam, gdzie w okresie wegetacyjnym ziemia odmarza do niewielkiej jeno głębokości, daje się odczuwać dotkliwy brak wód gruntowych. To właśnie według Gorodkowa w połączeniu z intensywnymi wiatrami stawia kres dla rozwoju roślinności drzewiastej.

W zupełnie analogiczny sposób interpretuje także Gorodkow istnienie kontynentalnej (stepowej) granicy lasu. W stepie osłabienie dopływu wody z podłoża warunkuje obfita zawartość w glebie łatwo rozpuszczalnych soli.

Przejrzeliśmy powyżej kolejno rozmaite czynniki klimatyczne, którym przypisywano rolę decydującą w kwestji bezdrzewności krajów arktycznych. Każda z hipotez powyższych uważała jeden pewien czynnik za decydujący w tej sprawie. Studjom Brockmanna-Jeroscha nad granicą lasów zawdzięczamy nieco szersze ujęcie zagadnienia. Nie daje nam on coprawda odpowiedzi zupełnie zadawalającej na interesujące nas pytanie, lecz, w każdym bądź razie, kieruje sprawę na właściwsze tory. Mówi on, że przyczyny, decydującej o przebiegu granicy lasu (czy to będzie granica góraska, polarna czy też śródlądowa), należy szukać w całokształcie działalności pewnych czynników a nie w działalności któregośkolwiek z nich pojedynczo. Nie jeden czynnik klimatyczny, lecz charakter klimatu danego terytorjum decyduje o przebiegu granicy lasu.

Zwraca on uwagę na to, że w klimatach kontynentalnych granica arktyczna lasu przebiega o wiele dalej ku północy niż w klimatach oceanicznych. Podkreśla obserwację Th. Fries'a, że większe masywy górskie posiadają granicę lasu położoną wiele wyżej niż masywy górskie pomniejsze leżące w tych samych szerokościach. Stwierdza, że granica lasu wewnątrz wielkich masywów górskich przebiega wyżej aniżeli na ich peryferjach. Wszędzie ma to przyczynę w charakterze klimatu a nie w wartości i rozmieszczeniu jednego z poszczególnych jego czynników.

Poza klimatem — glebę czyniono jeszcze odpowiedzialną za bezdrzewność tundr. W krajach arktycznych odmarza ona w lecie tylko do pewnej, nieznacznej stosunkowo głębokości. Zależy to z jednej strony od szerokości geograficznej danego punktu, z drugiej zaś od rodzaju gleby. A więc (według obserwacji Tanfiljewa z terytorjum leżącego nad północną Peczorą) tam, gdzie gleby piaszczyste odmarzają do głębokości 150 *cm*, gleby gliniaste odmarzały do 125, a gleby torfiste do 35–40 *cm*. Poniżej tych poziomów były one stale zamarznęte. Widzimy z tego, że niezależnie od szerokości geograficznej danego terytorjum możemy mieć na niem las — lub nie możemy go mieć — w zależności od typu gleby. Na glebach bowiem płytko odmarzających w tejże samej szerokości geograficznej drzewa nie będą w stanie się rozwijać, albowiem objętość gleby dostępna dla korzeni będzie zbyt mała dla rozwoju i rozbudowy tak skomplikowanego i stosunkowo wielkiego systemu korzeniowego jaki posiadają drzewa.

Znajomość nasza granicy lasu jest, jak widać z powyższego, niepełna. Znamy jej przebieg obecny, wiemy, jakie gatunki ją tworzą, odtworzyliśmy nawet w ogólnych zarysach jej historję. Nie znamy dotychczas dokładnie jeno przyczyn jej istnienia, przebieg i oscylacje warunkujących. Wszelkie przypuszczenia w tej dziedzinie ograniczają się jedynie do mniej lub więcej prawdopodobnych hipotez. Może dlatego, że, jak dotąd, traktowano to najpotężniejsze w geografji roślin zjawisko zbyt jednostronnie. Dalsze, wyczerpujące, drobiazgowo studia nad ekologją gatunków drzew tworzących granicę arktyczną lasu i nad klimatem dalekiej północy powinny nam rzeczono przyczyny wskazać.

Grudzień 1929.

Zakład Systematyki i Geografji Roślin Uniwersytetu Warszawskiego.

LITERATURA.

1. V. Auer: Untersuchungen über die Waldgrenzen und Torfböden in Lappland. Helsinki 1927.
2. H. Brockmann-Jerosch: Baumgrenze und Klimacharakter. Zürich 1919.
3. B. N. Gorodkow: Polarnyj Urał w werchniem tieczenji rieki Sobi. Leningrad 1926.
4. E. Häyrén: Pummanginniemi i Petsamo säsom naturskyddområde. Silva Fennica 3. Helsinki 1927.
5. A. O. Kihlman (Kairamo) Pflanzenbiologische Studien aus Russisch Lappland. Helsingfors 1890.
6. K. Regelis: Die Pflanzendecke der Halbinsel Kola I—III. Kaunas 1923—1928.
7. W. N. Sukaczew: K woprosu o bliżajszych zadaczach izuczenja rasti-tielnosti Kolskogo połuostrowa. Petersburg 1921.
8. T. I. Tanfiljew: Predieły liesow w polarnej Rosii. Odessa 1911.
9. Atlas de Finlande. II wydanie 1910 r. i III — 1929 r.

ZUSAMMENFASSUNG.

Der Verfasser hat einen Ausflug nach dem nördl. Finnland unternommen, machte dort Beobachtungen über die nördliche Baum- und Waldgrenze, verarbeitete die dazugehörige Literatur und versucht dieses Problem darzustellen. Nach einer kurzen Einleitung giebt der Verfasser die Grundzüge der geologischen Verhältnisse im Gebiete von Petsamo und auf der Fischerhalbinsel, stellt die klimatischen Verhältnisse der Temperatur, der Dauer der Schneedecke, der Winde und der atmosphärischen Niederschläge dar. Das dortige Klima bezeichnet er als lichtarm, kalt, windig und feucht trotz niedriger Niederschläge. Trotzdem ist das Klima nicht besonders widrig für die Pflanzenvegetation, die selbst in der Nähe der Schneefelder und auf steinigem Grunde üppig ist.

Dann bespricht der Verfasser die Verbreitung der Bäume und des Waldes im Norden Finnlands. Am weitesten nach Norden reicht die Birke ($69^{\circ}48'$), ihr folgt die Kiefer (bis $69^{\circ}30'$) und schliesslich die Fichte (69°), zwischen 64° — 65° wächst noch die Schwarzerle, bei 63° die kleinblättrige Linde, zwischen 61° — 62° die Ulme und der Ahorn, und vor dem 61° die Eiche und die Esche.

Ausserdem schenkte der Verfasser seine Aufmerksamkeit der arktischen Tundra, in welcher in niedrigeren Lagen Wiesenformationen, in höheren Lagen Gestrüppformationen überwiegen. Jedoch existiert keine genaue Grenze zwischen der Tundra und dem Walde da sie in einander übergehen.

Genauer stellt der Verfasser nur die Verbreitung der Birke, Kiefer und Fichte dar.

Die Birke bildet beinahe in ganz Fennoskandien die arktische und alpine Grenze des Waldes. Ausserdem bespricht der Verfasser die systematische Stellung der Birke und ihre ökologischen Wachstumsformen.

Im Gegensatz zur Birke zeigt der Wuchs und das Aussehen der Kiefer wohl keinen Kampf mit den klimatischen Verhältnissen an ihrer Nordgrenze. Ihrer nördlichen Verbreitung legt vielmehr das seltene Reifen der Samen ein Ende, worauf schon Kihlman hienwies. Die systematische Stellung der nordischen Kiefer ist auch noch nicht festgelegt. Die sogenannte *Pinus silvestris lapponica* ist wahrscheinlich im Gebiete ihrer Verbreitung keine einheitliche Form.

In Finnland reicht die Fichte am weitesten nach Norden (bis zum 69°) auf der Wassergrenze zwischen Luottojoki und Paatsjoki. Auffallend ist hier immer die säulenartige Form der Krone den weswegen man sie *Picea excelsa columnaris* nannte.

In systematischer Hinsicht ist die lapponische Fichte wahrscheinlich eine Zwischenform zwischen der europäischen *Picea excelsa* und der sibirischen *P. obovata*.

Weiterhin stellt der Verfasser nach Auer die historische Grenze des Waldes in Fennoskandien dar, bespricht das durch Auer konstatierte Zurückweichen der nördlichen Waldgrenze und beleuchtet kritisch die diesbezüglichen Ansichten.

Schliesslich bespricht der Verfasser eingehend die klimatischen und edaphischen Verhältnisse, denen man den endgültigen Einfluss auf die Waldlosigkeit der Tundra zugeschrieben hat.